

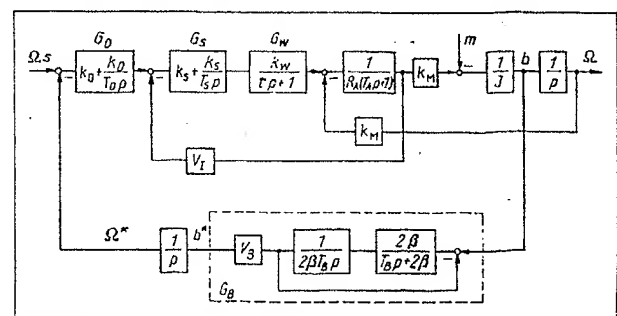
P.-K. Budig, KDT; P. Chrapko; Karl-Marx-Stadt

p. 205 - 206

Bei der Anwendung von Beschleunigungssensoren in Rückkopplungssystemen genügen bereits einfache, billigere Impulsgeber mit einer geringeren Anzahl von Skalenwerten den Anforderungen. Es ist möglich, hier Mikrorechnersysteme zu nutzen. Bild 1 zeigt eine vereinfachte Prinzipschaltung.

Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. *Peter-Klaus Budig*, z. Z. der Erarbeitung des Beitrages
Dekan der Fakultät für Elektroingenieurwesen der TU Karl-Marx-Stadt, in der Re-
gierung *Modern* Minister für Wissenschaft und Technik, Dipl.-Ing. *Pavel Chrapko*
ist Aspirant an der TU Karl-Marx-Stadt.

Die höhere dynamische Genauigkeit, die der regelbare Vorschubantrieb der modernen Werkzeugmaschine haben muß, ist durch die Schaffung des gekoppelten Kreises für die Beschleunigungsregelung erreichbar. Wenn man den Stromregler nach Bild 2 durch einen Beschleunigungsregler ersetzt, erhalten wir als Ergebnis einen Gleichstromantrieb mit Drehzahlregelung und unterlagierter Beschleunigungsregelung. Als Übertragungsfunktion des offenen Be-



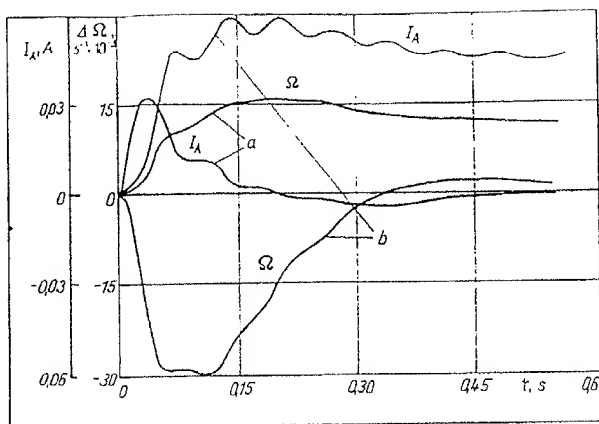


Bild 3. Simulation des Antriebssystems
a Führungsübergangsfunktionen, $\omega_d/\omega_B = 2$, $\beta = 0,4$
b Störungsübergangsfunktionen, $\omega_d/\omega_B = 2,5$, $\beta = 0,2$

schleunigungskreises ergibt sich beim PI-Beschleunigungsregler

$$G_{BR}(p) = \frac{T_{BR} p + 1}{T_d p} \cdot \frac{k_W}{(r p + 1)(T_A p + 1)} \cdot \frac{k_M}{J \cdot R_A} \quad (7)$$

Als Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises ergibt sich unter der Bedingung $T_{BR} = T_A$

$$\Phi_{BK}(p) = \frac{1/T_B}{\frac{T_d T_M k_M}{k_W F_B} r p^2 + \frac{T_d T_M k_M}{k_W F_B}} \quad \text{Wenn gilt:} \quad (8)$$

$$\frac{T_d T_M k_M}{k_W F_B} = 2 \tau \quad (9)$$

hat der geschlossene Kreis die betragsoptimale Einstellung. Also ergibt sich T_d aus

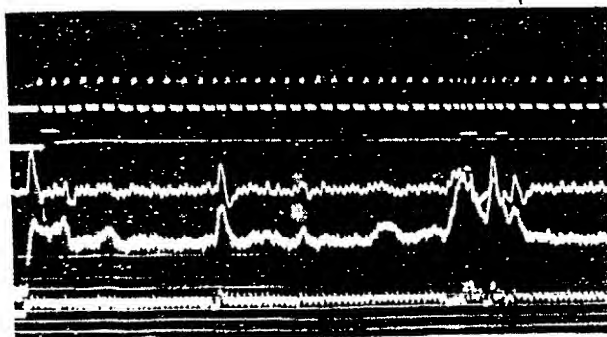
$$T_d = \frac{2 \tau k_W F_B}{k_M T_M}$$

Damit kann man den Kreis mit verbesserten dynamischen Eigenschaften erhalten, z. B.:

- Es gibt Trägheitsmomentkompensation.
- Jeder Abschnitt der Lage- und Drehzahlreglerstrecke enthält keine große Zeitkonstante (ideale I-Glieder).
- Die dynamische Belastungsfestigkeit des Antriebs steigt.
- Die Drehzahlschwingungen durch schnellere Beschleunigungsrückkopplung wird kompensiert.

Man kann zeigen, daß in diesem Kreis ein optimaler Digitalregler sein kann [3] [4]. Damit werden die Beschleunigung und der Geschwindigkeitsfehler mit minimaler Ausregelzeit zu Null. Da das mechanische Übertragungssystem des Vorschubantriebes aus mindestens zwei elastisch verbundenen bewegten Teilmassen besteht, gibt es auch die Möglichkeit, mit Hilfe einer Beschleunigungsrückkopplung die Geschwindigkeitsschwingungen an der Last zu

Bild 4. Experimentelle Kurven für Geschwindigkeitsmittelwert $0,04 \text{ s}^{-1}$, $z = 2700$
Von oben nach unten: Impulsfolge des Lagegebers; digitales Signal mit Tasterperiode T_0 ; Beschleunigung $b(t)$; Integrationsignal mit Tasterperiode T_A ; Spannung des Gleichstromtachometers



untordrücken [6]. Bei dem digitalen Geschwindigkeitsmeßsystem wird das Signal des inkrementalen Lagegebers periodisch mit der Tasterperiode T_0 gespeichert und während der folgenden Periode als Rückkopplungssignal genutzt. Es gibt für die Steuerungsalgorithmen von digitalen Systemen eine angenäherte Gleichung [8]:

$$T_0/T_{95} = 1/15 \dots 1/4 \quad (10)$$

T_{95} Ausregelzeit mit dem Toleranzband 5%.

Außerdem ist die Bedingung des Abtasttheorems zu erfüllen.

Sogar bei der Impulsmenge $z = 5000 \dots 6000$ sind diese Bedingungen für Drehzahlen $\Omega = 3 \dots 5 \text{ min}^{-1}$ nicht erfüllbar. In unserem Fall gibt es die Möglichkeit, durch einen Beschleunigungsgeber zusätzlich die Winkelbeschleunigung $b(t)$ im jeweiligen Zeitbereich $[t_0, t]$ zu messen. Dann ergeben sich Integralwerte zu

$$I(t) = \int_{t_0}^t b(\tau) d\tau \quad (11)$$

als die Geschwindigkeitsänderung hinsichtlich $\Omega(t_0)$. Nachdem $b(t)$ mit der Tasterperiode T_A diskret geworden ist, ergibt sich $b(p)$ mit nachgeschaltetem Halteglied im Unterbereich diskreter Laplace-Transformation [9] als

$$b(p) = \sum_{n=0}^{\infty} b(n T_A) e^{-n T_A p} \quad (12)$$

Nach der Digitalintegration ergibt sich der Geschwindigkeitswert im T_0 -Bereich (Trapezmethode) zu

$$\Omega(n) = \frac{T_A}{2 T} \sum_{i=1}^n [b(i) + b(i-1)] \quad (13)$$

Bild 4 zeigt experimentelle Kurven für ein mit dem Beschleunigungssignal aufgebautes Antriebssystem. Die Datenverarbeitung wurde mit dem Computer DVK-3M2 (LSI-11) durchgeführt.

3. Zusammenfassung

1. Um den Regelungsbereich des Vorschubantriebes zu vergrößern, sind neue und traditionelle Methoden für die Schaffung von Drehzahlrückkopplungssystemen durch Beschleunigungsmessung des bewegten mechanischen Werkzeugmaschinenanteils erforderlich.
2. Die Beschleunigungsrückkopplung steigert die dynamische Belastungsfestigkeit von Antrieben, kompensiert Drehzahlschwingungen bei elastisch gekoppelten Mehrmassensystemen des Antriebes.
3. Die b-Steuerung verringert die Abtastperiode digitaler Steuerungssysteme und macht diese unveränderlich.
4. Die Beschleunigungssteuerung löst die Aufgabe einer Interpolation für inkrementale Lagegeber.

Literatur

- [1] Pusch, W. E.: Werkzeugmaschinen für Metallbearbeitung. Moskau: Mashinostroyeniye, 1986
- [2] Micheilov, O. P.: Hochmomentelektromotoren für Vorschubantriebe von Metallschneidwerkzeugmaschinen. Moskau: NIMASCH 1979
- [3] Chrapko, P. I.: Geber für rechnergesteuerte Elektroantriebe auf der Basis von Beschleunigungsaufnehmern. WNITEMR. 364 MSCH2, 1985
- [4] Kuo, B.: Theorie und Projektierung von Rechnersteuerungssystemen. Moskau: Mashinostroyeniye 1986
- [5] Micheilov, O. P.; Chrapko, P. I.: Träge Steuerungen für Vorschubelektroantriebe von Metallschneidwerkzeugmaschinen. Stanki i Instrument, Nr. II 1986, S. 25-27
- [6] Horzic, J. A.; Sokolovskii, G. G.: Thyristorisierte Elektroantriebe mit Rückkopplungen. Leningrad: Energiya 1979
- [7] Riefenstahl, U.: Optimierung beschleunigungsgeführter Antriebe. ELEKTRIE, Berlin 31 (1977) 4, S. 181-186
- [8] Isermann, R.: Digitale Regelsysteme. Berlin: Springer-Verlag 1977
- [9] Schönfeld, L.; Hubiger, E.: Automatisierte Elektroantriebe. Berlin: VEB Verlag Technik 1981

EA 5910